

## SORCION, DESORCION Y MOVILIDAD DE METHAMIDOPHOS Y CARBOFURAN EN 10 SUELOS COSTARRICENSES<sup>1/</sup>

Gustavo J. González\*  
Elizabeth Carazo\*\*

### ABSTRACT

Sorption, desorption and mobility of methamidophos and carbofuran in 10 Costa Rican soils. The sorption and desorption of methamidophos (O,S dimethyl-phosphoroamidothioate and carbofuran (2,3 dihydro-2, 2-dimethyl-7-benzofuranyl-methyl-carbamate) were studied in ten soils of Costa Rica with radiometric techniques (autoradiography and liquid scintillation counting). Six are Inceptisols, three of them are Ultisols and one Alfisol. Negative correlations were found between the mobility and CEC and O.M., extractable iron and total iron; sorption positive correlations and desorption negative correlations were found. No significant differences were found when mobility and sorption-desorption of Alfisol and Ultisol soils were compared with Inceptisols (Andosols). According with the results obtained, the solubility of the compound in water, CEC, O.M., extractable iron and total iron are variables that influence the behaviour of these pesticides in the soil.

### INTRODUCCION

Al aplicar un plaguicida ya sea a la planta o al suelo, éste puede permanecer como un residuo en el agua, aire y suelo. De esta manera, el conocimiento sobre la dinámica de los plaguicidas en el suelo, es necesario para predecir la bioactividad de los mismos (Bailey y White, 1964), así como su efecto sobre la contaminación ambiental (Guenzi, 1974; Helling, 1971a), movilidad (Helling y Turner, 1968) y residualidad (Guenzi, 1974, Harris, 1966).

Haque (1975), informa que los procesos de sorción-desorción, lixiviación y degradación, son los factores más importantes que regulan el comportamiento de un plaguicida en el ambiente del suelo. El buen entendimiento de estos procesos y su relación con la acción de los plaguicidas, podría hacer más efectivo el combate químico de las plagas con un mínimo de residuos, ya que la aplicación y dosificación varía dependiendo de la precipitación y de las propiedades físico-químicas de los suelos bajo cultivo.

La importancia de los procesos sorción-desorción de los plaguicidas en el suelo ha sido informada por numerosos autores (Guenzi, 1974; Letey y Farmer, 1974). Entre los factores que influyen estos procesos se encuentran la solubilidad del producto químico en agua, la hidrofobicidad del plaguicida y la cantidad de coloides amorfos en el suelo, tales como hierro, aluminio y silicio (Haque, 1975).

También se ha demostrado el efecto del contenido de materia orgánica (Carazo *et al.*, 1979;

1/ Recibido para publicación el 10. de abril de 1986.

\* Calle San Andrés No.86-16, Qta. Los Ratched, Valencia, Venezuela.

\*\* Escuela de Fitotecnia y Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica.

Lord *et al.*, 1975), de la capacidad de intercambio catiónico (Felsot y Wilson, 1980), de los contenidos de arcilla (Helling, 1971c) y se menciona la influencia del potencial de hidrógeno, la temperatura y el contenido de agua en el suelo (Carazo *et al.*, 1979; Musumesi *et al.*, 1980).

Las técnicas radiométricas de sorción-desorción como la cromatografía con suelo en capa fina y el conteo por centelleo líquido, sirven para predecir aspectos cualitativos y cuantitativos de la dinámica de un plaguicida tales como movilidad (Helling y Turner, 1968; Helling 1971a, 1971b y 1971c), y residualidad (Carazo *et al.*, 1979; Luchini *et al.*, 1980; Mehra y Jackson, 1960). Gusmao *et al.* (1980), apuntan la necesidad de comprobar las investigaciones realizadas en otros países con estas técnicas, principalmente por la información limitada que se tiene de estos estudios en regiones tropicales.

Helling (1971b) utilizando 40 plaguicidas y la técnica de autorradiografía con suelo en capa fina, en un suelo franco arcillo limoso, encontró valores de relación frontal desde 0, en el caso del DDT, hasta 0,96 en el caso del Dalapon.

Para el carbofuran específicamente, Felsot y Wilson (1980) trabajando con autorradiografía, encontraron una mayor movilidad de éste en comparación con el dieldrin, y correlaciones inversas con la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de materia orgánica.

Luchini *et al.* (1980), al usar la técnica de conteo por centelleo líquido, para determinar la sorción-desorción de cuatro insecticidas organoclorados, dos organofosforados y un carbamato, en 10 suelos brasileños, encontraron una correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y la sorción de dichos plaguicidas y una correlación negativa entre dicha propiedad y la desorción. En el caso del carbaril, encontraron valores de coeficiente de sorción desde 17 en el suelo con mayor contenido de materia orgánica, hasta 1, en el suelo con menor contenido de la misma. En el caso de los organofosforados, obtuvieron valores desde 138 hasta 10, en los suelos con mayor y menor contenido de materia orgánica, respectivamente. Además, encontraron que la sorción aumenta y la desorción disminuye, con un mayor tiempo de exposición del insecticida con el suelo.

Así, el objetivo de la presente investigación fue, estudiar la sorción y desorción de los insecticidas methamidophos y carbofuran en 10 suelos de Costa Rica, usando técnicas radiométricas, para contribuir de esta manera al conocimiento del

comportamiento de estos plaguicidas en suelos de Costa Rica.

## MATERIALES Y METODOS

### Suelos

Las muestras de los suelos se colectaron en el Valle Central y Zona Sur del país.

En el Cuadro 1 aparecen las localizaciones de los suelos muestreados, su clasificación taxonómica (Sancho, F. Comunicación personal, 1985) y el tipo de mineral predominante.

Los suelos colectados se secaron al aire por una semana y se pasaron por un tamiz de 2 mm. Posteriormente se trituraron con ayuda de un mortero y luego se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Costa Rica, siguiendo la metodología descrita por Díaz-Romeu y Hunter (1978). El hierro cristalino y amorfo se determinó por los métodos del oxalato y ditionito, según la metodología descrita por Shwertmann (1964) y Mehra y Jackson (1960), respectivamente.

En el Cuadro 2 se muestran algunos datos sobre la caracterización físico-química de los suelos en estudio.

### Insecticidas

El  $^{14}\text{C}$ -metoximethamidophos se sintetizó en el "Middle Eastern Radioisotope Center for the Arab Countries", Cairo, Egipto, por el Dr. Salah Zayed, con una pureza química del 99,9 % determinada por cromatografía de capa fina en tres sistemas de solventes, y con una actividad específica de  $437\mu\text{Ci/mol}$ . El insecticida no marcado se obtuvo de la "Environmental Protection Agency" (E.P.A.), con una pureza química del 98%.

El  $^{14}\text{C}$ -carbofuran se obtuvo del "Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Science", Budapest, Hungría, sintetizado por el Dr. Bursics, con una pureza radiométrica mayor del 99% y una actividad específica de  $12,61\mu\text{Ci/mol}$ . El carbofuran no marcado se obtuvo de la F.M.C., Filadelfia, U.S.A.

### Soluciones

Para el ensayo de cromatografía con suelo en capa fina, se usaron soluciones de  $1,00\mu\text{Ci/ml}$  para el carbofuran y de  $0,44\mu\text{Ci/ml}$  para el methamidophos.

Cuadro 1. Ubicación, clasificación taxonómica y minerales predominantes de los suelos muestreados.

Ubicación	Clasificación	Mineral Predominante
Cot de Paraíso de Cartago	Typic Dystrandept	Alofana
Grecia de Alajuela	Typic Dystrandept	Alofana
La Luisa de Grecia de Alajuela	Typic Dystrandept	Alofana
San Isidro de Coronado de San José	Typic Dystrandept	Alofana
Fraijanes de Poás de Alajuela	Typic Hydrandept	Alofana
Pilar de Pérez Zeledón de San José	Typic Tropudult	Coalinita-haloísita
San Isidro del General de Pérez Zeledón de San José	Typic Tropohumult	Caolinita-haloísita
Volcán de Buenos Aires de Puntarenas	Typic Tropudult	Caolinita-haloísita
Santa Marta de Puriscal de San José	Udic Haplustalf	Caolinita-haloísita
Tabarcia de Mora de San José	Typic Dystropept	Caolinita-haloísita

Cuadro 2. Algunas características físicas y químicas de los suelos en estudio (0-20 cm de profundidad).

Suelo	Arena %	Arcilla %	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O. %	CIC cmol (+)/kg	Fe libre %	Fe total %
Cot	53,6	9,0	5,1	7,1	40,4	0,67	3,96
Grecia	54,0	14,8	5,8	9,6	33,2	0,68	3,89
La Luisa	55,6	13,0	5,6	5,2	40,9	0,93	4,59
Coronado	66,6	9,0	5,4	2,8	17,8	0,43	3,42
Fraijanes	59,6	7,0	5,0	16,1	52,9	0,94	4,13
Pilar	45,6	33,0	4,4	4,6	17,4	0,51	2,39
San Isidro	65,6	13,0	5,1	5,6	25,7	1,10	2,49
Volcán	41,6	29,0	5,0	1,9	24,0	0,26	2,59
Santa Marta	23,6	51,0	4,9	2,9	31,8	0,43	3,88
Tabarcia	38,6	35,0	5,0	0,5	37,4	0,24	2,96

Para el ensayo de sorción-desorción se usaron soluciones de 0,045  $\mu$  Ci/ml para el carbofuran y de 0,012  $\mu$  Ci/ml para el methamidophos.

Las actividades, tanto para el ensayo de cromatografía en capa fina como para el de sorción-desorción, fueron leídas en el Instituto Costarricense de Investigaciones y Enseñanza en Nutri-

ción y Salud (INCIENSA), en un espectrómetro de Centelleo Líquido Beckman LS-8100.

#### Cromatografía con suelo en capa fina

Este ensayo se realizó tomando como base la metodología introducida inicialmente por Helling

y Turner (1968) y posteriormente usada por Helling, (1971a, 1971b, 1971c). Se utilizaron dos repeticiones por suelo y por insecticida y, se hicieron pruebas preliminares, con el fin de obtener una distribución uniforme del suelo en las cromatoplas, para que el frente de agua se desplazara en forma pareja.

Se usaron placas de vidrio limpias de 20 x 20 cm, en las que se colocó el suelo previamente humedecido y con la ayuda de una varilla de vidrio a manera de rodillo. Después que se secaron, se marcó una línea horizontal a los 17,5 cm de la base y a todo lo ancho de la cromatoplasca, aplicándose los plaguicidas marcados a 1,5 cm de la base con micropipetas. Posteriormente se colocaron papeles de filtro en contacto con las placas con suelo y con un extremo reposando sobre una fuente de agua, los cuales se retiraron cuando el frente de agua alcanzó la línea marcada a los 17,5 cm (Figura 1).

Las placas con suelo se secaron al aire y, en un cuarto oscuro, se colocaron en contacto directo con placas de rayos X, prensándose entre dos maderas de 22 x 22 cm forradas en papel de aluminio. Posteriormente se metieron en bolsas de plástico negro con sílica gel y se colocaron por una semana a  $-70\text{ C}$  en una congeladora.

La relación frontal ( $R_f$ ), se calculó según la fórmula:

$$R_f = \frac{a}{b}$$

donde, a es la distancia recorrida por el insecticida (cm), y b es la distancia máxima recorrida por el agua (17,5 cm).

#### Ensayo radiométrico de sorción—desorción

El análisis radiométrico de sorción—desorción se realizó siguiendo la metodología descrita por Carazo *et al.* (1979), Luchini *et al.* (1980) y Musumesi, *et al.* (1980).

Se mezclaron 10 ml de las soluciones de los insecticidas marcados, con 1 g de suelo y se mantuvieron en agitación por 24 horas. Luego la mezcla se centrifugó por 30 minutos a 3000 rpm y se tomó una alícuota de líquido supernatante de 1 ml, 1 y 24 horas después de la agitación.

Todas las alícuotas así obtenidas se colocaron en frascos de centelleo (viales de conteo) y se les agregó 7 ml de líquido de centelleo para ser contadas; se usaron 4 repeticiones por suelo por insecticida y uno sin insecticida como testigo.

El líquido de centelleo se preparó mezclando 200 ml de metanol con 1600 ml de dioxano y 200 g de naftaleno. Luego se le agregaron 1,44 g de MSB (p-bis-(O-methylstyryl) benzene) y 14,56 g de PPO (2,5-diphenyloxazole); la mezcla así obtenida se agitó por una hora.

El cálculo de la distribución (K), se hizo por la fórmula:

$$K = \frac{\text{conc. en el suelo}}{\text{conc. en el agua}} = V \frac{(\alpha - c)}{w c} \quad \text{donde,}$$

V = volúmen de la solución acuosa en ml.

$\alpha$  = concentración antes del equilibrio ( $\mu\text{g/ml}$ )

c = concentración después del equilibrio ( $\mu\text{g/ml}$ )

w = peso de la muestra en gramos.

#### Análisis estadístico de los datos

Se hicieron correlaciones de la movilidad y sorción-desorción, con respecto a características químicas de los suelos como capacidad de intercambio catiónico y porcentajes de materia orgánica, hierro libre y total.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Cromatografía con suelo en capa fina

En el Cuadro 3 aparecen los valores de relación frontal ( $R_f$ ) promedio del carbofuran y el methamidophos, obtenidos en el ensayo de cromatografía con suelo en capa fina. En el caso de carbofuran los valores  $R_f$  varían desde 0,62 en el suelo de Fraijanes, hasta 0,88 en el suelo de Tabarcia. Con el methamidophos, los valores  $R_f$  varían desde 0,84 en el suelo de Fraijanes, hasta 0,91 en los suelos de Tabarcia, La Luisa, Coronado y Volcán.

Al aplicar la prueba de "student" a los valores  $R_f$  promedio del carbofuran y el methamidophos, se encontró una diferencia altamente significativa entre ellos y, en todos los casos, los valores  $R_f$  del methamidophos fueron mayores que los del carbofuran debido a su mayor solubilidad en agua.

Cuadro 3. Valores  $R_f$  del carbofuran y el methamidophos obtenidos con la técnica de autorradiografía.

Suelo	Carbofuran	Methamidophos
Cot	0,77	0,89
Grecia	0,70	0,89
La Luisa	0,69	0,91
Coronado	0,78	0,91
Fraijanes	0,62	0,84
Pilar	0,81	0,90
San Isidro	0,71	0,86
Volcán	0,83	0,91
Santa Marta	0,75	0,87
Tabarcia	0,88	0,91

Con ambos insecticidas, los valores menores de  $R_f$  se obtuvieron con el suelo de Fraijanes (Andept). En el Cuadro 2, se aprecia que este suelo es el que presenta los valores más altos de materia orgánica y de capacidad de intercambio catiónico; igualmente, sus valores de hierro libre y de hierro total se encuentran entre los más altos de los suelos en estudio.

La capacidad de intercambio catiónico correlacionó negativamente con los valores  $R_f$ . En suelos con menor capacidad de intercambio catiónico, la movilidad de los insecticidas estudiados fue mayor. En este punto es importante mencionar que el contenido de arcilla no es un parámetro tan importante como la capacidad de intercambio catiónico en relación con estos dos plaguicidas. Esto se puede ver en el Cuadro 2, donde se observa que siendo los Ultisoles y el Alfisol los suelos con mayor contenido de arcillas, su capacidad de intercambio catiónico es menor que la de los Andepts, que a su vez tienen menor contenido de arcillas. Esto se explica porque el área superficial de las alofanas, que es el complejo de intercambio predominante en Andepts, es mayor que el de las arcillas caoliníticas (Juo, 1980; Parfitt, 1980).

Los porcentajes de materia orgánica, de hierro libre y de hierro total, correlacionaron negativamente con los valores  $R_f$  obtenidos.

De lo anterior se desprende y lo confirman diversos autores, que en suelos con alta capacidad

de intercambio catiónico (Bailey y White, 1964; Felsot y Wilson, 1980; Helling, 1971 c) y altos porcentajes de materia orgánica (Felsot y Wilson, 1980; Helling, 1971c; Lord *et al.*, 1978), de hierro libre y de hierro total (Haque, 1975), se espera que la movilidad de los insecticidas sea menor.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas, con la prueba de "student" al comparar los valores  $R_f$  del carbofuran y el methamidophos entre el Alfisol y los Ultisoles con los Andepts. Esto se atribuye a la solubilidad de los insecticidas en agua y se confirma con la literatura (Haque, 1975) que menciona la polaridad como un factor que regula los procesos de sorción-desorción de estos productos en el suelo.

#### Ensayo de sorción-desorción por espectrometría de centelleo líquido.

El coeficiente de distribución (K), es un valor numérico que expresa la relación suelo: agua del insecticida en estudio.

En los Cuadros 4 y 5 aparecen los valores promedio del coeficiente de distribución, obtenidos para el methamidophos y el carbofuran en la prueba de sorción, 1 y 24 horas después de aplicado el insecticida marcado. En el Cuadro 6 aparecen los valores K obtenidos para ambos insecticidas durante la prueba de desorción.

Después de aplicar la prueba de "student" a los valores K en el ensayo de sorción-desorción, se encontró que los valores K de ambos insecticidas para la primera hora, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí; igual pasó con los valores K tomados después de 24 horas. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores K tomados durante la primera hora, con los valores K obtenidos después de 24 horas y al comparar los valores K de ambos insecticidas.

Se encontraron correlaciones positivas en la prueba de sorción, entre los valores K de ambos insecticidas con la capacidad de intercambio catiónico y los porcentajes de materia orgánica, de hierro libre y de hierro total. En todos los casos, los valores K tomados después de 24 horas fueron mayores que los tomados durante la primera hora; o sea, la sorción de los insecticidas por los suelos aumentó con el tiempo de exposición. Esto coincide con lo informado por Luchini *et al.* (1980) quienes mencionan que la sorción es mayor al aumentar el tiempo de exposición del insecticida con el suelo.

Cuadro 4. Valores K del methamidophos obtenidos durante el ensayo radiométrico de sorción.

Suelo	Valores K	
	1 Hora	24 Horas
Cot	0,9142	1,3253
Grecia	1,0814	1,5048
La Luisa	0,8304	1,0841
Coronado	0,7341	1,4553
Fraijanes	1,0025	2,5079
Pilar	0,5344	1,4841
San Isidro	0,9266	2,1251
Volcán	0,2492	0,4469
Santa Marta	1,3722	2,0787
Tabarcia	1,5383	1,8191

Cuadro 5. Valores K del carbofuran obtenidos durante el ensayo radiométrico de sorción.

Suelo	Valores K	
	1 Hora	24 Horas
Cot	0,4237	1,0734
Grecia	2,1057	2,1706
La Luisa	1,2807	2,0265
Coronado	1,1219	1,2533
Fraijanes	1,9969	2,6745
Pilar	0,8369	1,0970
San Isidro	0,5724	1,6221
Volcán	0,5010	0,9805
Santa Marta	0,8829	1,1100
Tabarcia	0,4062	1,0093

Los resultados obtenidos coinciden con lo informado en la literatura, donde se menciona que en suelos con alta capacidad de intercambio catiónico (Bailey y White, 1964), altos porcentajes de materia orgánica (Carazo *et al.*, 1979; Gusmão

*et al.*, 1980; Haque, 1975; Luchini *et al.*, 1980; Musumesi *et al.*, 1980), y de hierro libre y total (Haque, 1975), la sorción de un plaguicida es mayor.

Se puede mencionar que después de 24 horas, el suelo de Fraijanes (Andept) fue el que presentó los valores K más altos y, el suelo de Volcán (Ultisol) los más bajos, con ambos insecticidas.

Cuadro 6. Valores K obtenidos para ambos plaguicidas durante el ensayo radiométrico de desorción.

Suelo	Valores K	
	Carbofuran	Methamidophos
Cot	50,8838	150,6678
Grecia	46,7429	101,0498
La Luisa	51,5793	101,2003
Coronado	65,0214	117,5664
Fraijanes	39,8001	116,0003
Pilar	60,4581	151,7908
San Isidro	49,5713	164,7628
Volcán	73,3114	130,9263
Santa Marta	63,1854	137,7081
Tabarcia	75,8662	143,7890

Con respecto al hierro libre y al hierro total, Haque (1975), informa que los coloides amorfos, tales como los óxidos de hierro, aluminio y silicio son importantes al considerar la sorción de plaguicidas en el suelo, al igual que los compuestos de sílica amorfa y las mezclas de aluminio con sustituciones de hierro, ya que estos compuestos aumentan la capacidad de sorción de un suelo dado. El mismo autor, menciona que la gran área superficial de los ácidos húmicos y la presencia de varios grupos funcionales, son los responsables de la alta capacidad de sorción de la materia orgánica del suelo.

En el ensayo de desorción se encontró que las correlaciones fueron negativas para ambos insecticidas, al comparar los valores K obtenidos con la capacidad de intercambio catiónico y los porcentajes de materia orgánica, de hierro libre y de hierro total; o sea, que al aumentar los valores de estas propiedades de los suelos disminuyó el coefi-

ciente de distribución, lo que quiere decir que la desorción fue mayor. Esto concuerda con lo mencionado por Luchini *et al.*, (1980), que informan que al haber mayor área superficial en un suelo dado, la sorción de un plaguicida es mayor y en consecuencia su desorción también. Es por esto que los Andepts, en términos generales, presentaron los valores K más bajos con ambos insecticidas, ya que la concentración de éstos fue menor en el suelo y mayor en el agua, lo que quiere decir que su desorción fue mayor.

En este mismo ensayo, los valores K del methamidophos fueron mayores que los del carbofuran, y presentaron diferencias altamente significativas entre sí. Valores K altos significan una mayor cantidad de insecticida solubilizado, disponible para la fracción de intercambio; o sea, los valores K del methamidophos fueron mayores por ser éste más soluble en agua que el carbofuran.

En el ensayo de sorción-desorción, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores K del Alfisol y de los Ultisoles con los de los Andepts.

## RESUMEN

Se utilizaron dos técnicas radiométricas, la autorradiografía y el centelleo líquido, para estudiar los procesos de sorción-desorción del methamidophos (O,S-dimetil-fosforamidotoato), y el carbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metil-carbamato), en diez suelos de Costa Rica. De los diez suelos, seis pertenecen al orden de los Inceptisoles, tres al de los Ultisoles y uno al orden de los Alfisoles. Se encontraron correlaciones negativas entre la movilidad, con respecto a la capacidad de intercambio catiónico, los porcentajes de materia orgánica, el hierro libre y el hierro total, cuando se analizaron los resultados obtenidos en el ensayo de autorradiografía. En el ensayo de sorción se encontraron correlaciones positivas y, en el de desorción correlaciones negativas, entre los procesos de sorción-desorción y las características químicas de los suelos antes apuntadas. Según la prueba de "student", no se encontraron diferencias significativas al comparar la movilidad y los procesos de sorción-desorción de Alfisoles y Ultisoles contra la de los Inceptisoles (andepts). La solubilidad del insecticida en agua, así como la capacidad de intercambio catiónico y los porcentajes de materia orgánica, de hierro libre y de hierro total son propiedades que influyen sobre

el patrón de comportamiento de plaguicidas en el ambiente del suelo.

## LITERATURA CITADA

- BAILEY, G; WHITE, J. 1964. Review of absorption and desorption of organic pesticides by soil colloids with implications concerning pesticide bioactivity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 12: 324-332.
- CARAZO, E.; LORD, K; FLORES, E. 1979. The sorption of carbaryl on soils determined by spectrophotometric and radiometric techniques. *Turrialba* 29 (3): 159-162.
- DIAZ-ROMEU, R; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos: análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación de invernadero. *Turrialba, CATIE*. 62 p.
- FELSOT, A; WILSON, J. 1980. Absorption of carbofuran and movement on soils thin layer. *Chemical Abstracts* 93(7): 290.
- GUENZI, W. 1974. Introduction. *In Pesticides in soil and water*. Ed. by W. Guenzi. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America. p. 1-2.
- GUSMAO, C; LORD, K; FLORES, E. 1980. Persistencia, lixiviação e volatilização do <sup>14</sup>C-aldrin em solos brasileiros. *Sao Paulo, Instituto Biológico*. 10 p.
- HAQUE, R. 1975. Role of adsorption in studying the dynamics of pesticides in a soil environment. *In Environmental dynamics of pesticides*. Ed. by R. Haque y Freed. New York, Plenum. p. 97-114.
- HARRIS, C. 1966. Adsorption, movement and phytotoxicity of monuron and s-triazine herbicides in soil. *Weed* 14: 6-8.
- HELLING, C. 1971a. Pesticide mobility in soil. I. Parameters of thin-layer chromatography. *Soil Science Society of America Proceedings* 35: 732-736.
- HELLING, C. 1971b. Pesticide mobility in soil. II. Applications of soil thin-layer chromatography. *Soil Science Society of America Proceedings* 35: 737-742.
- HELLING, C. 1971 c. Pesticide mobility in soil. III. Influence of soil properties. *Soil Science Society of America Proceedings* 35: 743-748.
- HELLING, C; TURNER, B. 1968. Pesticide mobility determination by soil thin-layer chromatography. *Science* 162: 562-563.
- JUO, A. 1980. Mineralogical characteristics of Alfisols and Ultisols. *In Soils with variable charge*. Ed. by B. Theng. New Zealand, Society of Soil Science. p. 69-86.

- LETEY, J.; FARMER, J. 1974. Movement of pesticides in soil. *In* Pesticides in soil and water. Ed. by B. Guenzi. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America. p. 67-98.
- LORD, K. *et al.* 1978. Sorption and movement of pesticides on thin-layer plates of Brazilian soils. *Arquivos do Instituto Biológico* 45: 47-72.
- LUCHINI, L.; LORD, K; FLORES, E. 1980. Sorção e desorção de insecticidas em solos brasileiros. São Paulo, Instituto Biológico. 6 p.
- MEHRA, O; JACKSON, M. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate systems buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Mineralogical* 7: 317-327.
- MUSUMESI, R., LORD, K; RUEGG, E. 1980. Adsorção, lixiviação e persistência do carbendazin em solos brasileiros. São Paulo, Instituto Biológico, 6 p.
- PARFITT, R. 1980. Chemical properties of variable charge soils. *In* Soils with variable charge. Ed. by B. Theng. New Zealand, Society of soil Science. p. 167-194.
- SCHWETMANN, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch extraktion mit ammonium-oxalatlosung. *Pflanzenernähr. Bodenkd* 105: 194-202.